

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ТВЕРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ПРОСВИРЯКОВА И.А., ШЕВЧУК Л.М.

Научно-практический центр гигиены, г. Минск, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2018. – Том 17, №4. – С. 78-83.

HYGIENIC EVALUATION OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION BY SOLID PARTICLES ON THE EXAMPLE OF ENTERPRISES FOR MANUFACTURING BUILDING MATERIALS

PROSVIRYAKOVA I.A., SHEUCHUK L.M.

Scientific-Practical Centre of Hygiene, Minsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2018;17(4):78-83.

Резюме.

Цель – провести гигиеническую оценку загрязнения твердыми частицами атмосферного воздуха территорий жилой застройки, расположенных в зонах влияния стационарных источников промышленных предприятий по производству строительных материалов.

Материал и методы. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами выполнена на основании результатов расчетов рассеивания промышленных выбросов 30 предприятий по производству строительных материалов и результатов аналитического (лабораторного) контроля на территориях, непосредственно прилегающих к границам санитарно-защитных зон предприятий. Определена степень загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами в районе расположения предприятий по значению показателя «Р», установлена величина индекса качества атмосферного воздуха и уровень риска здоровью населения от воздействия промышленных выбросов твердых частиц.

Результаты. На территориях населенных пунктов, расположенных в зонах влияния промышленных предприятий, отмечаются случаи превышения установленного гигиенического норматива содержания твердых частиц в атмосферном воздухе. Загрязнение атмосферного воздуха твердыми частицами в 79,30% случаев характеризовалась «допустимой» степенью, в 13,80% случаев – «слабой» и в 6,90% случаев – «умеренной» степенью. Прогнозируемый уровень риска варьировал от «приемлемого» до «высокого», уровень прогнозируемой заболеваемости в популяции экспонируемого населения изменялся от фонового до превышающего фоновый в несколько раз.

Заключение. Полученные данные подтверждают актуальность определения дисперсного состава твердых частиц как для оценки качества атмосферного воздуха территорий жилой застройки, так и для оценки влияния мелкодисперсных твердых частиц на здоровье населения.

Ключевые слова: атмосферный воздух, мелкодисперсные твердые частицы, предприятие, риск здоровью, жилая зона.

Abstract.

Objectives. To make a hygienic assessment of the contamination by solid particles of the atmospheric air of residential areas, located in the zones of influence of stationary sources of industrial enterprises for the production of building materials.

Material and methods. The hygienic assessment of atmospheric air pollution by solid particles is based on the results of calculations of the dispersion of industrial emissions of 30 enterprises for the production of building materials and the results of analytical (laboratory) monitoring in the areas directly adjacent to the boundaries of the sanitary protection zones of enterprises. The degree of atmospheric air pollution by solid particles in the area of the location of enterprises has been determined by the «P» indicator value, the value of the air quality index and the level of the population's health

risk from industrial emissions of particulate matter have been also established.

Results. On the territories of settlements located in the zones of influence of industrial enterprises, there are cases of excess of the established hygienic norm of the content of particulate matter in the atmospheric air. Ambient air pollution by solid particles in 79.30% of cases was characterized by an «acceptable» degree, in 13.80% of cases – «weak» and in 6.90% of cases - by a «moderate» degree. The predicted level of risk varied from «acceptable» to «high», the level of predicted morbidity in the exposed population varied from background to exceeding background by several times.

Conclusions. The obtained data confirm the urgency of the determination of the particulates disperse composition, both for assessing the quality of the atmospheric air in the residential areas and the effect of fine-disperse solid particles on the health of the population.

Key words: ambient air, fine-disperse particulates, enterprise, health risk, residential area.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения мелкодисперсная пыль ежегодно обуславливает 3% случаев смерти от кардиопульмональной патологии и 5% от рака легких. По имеющимся оценкам мелкодисперсные частицы являются причиной воспалительных реакций в легких, развития респираторных симптомов, обострения хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы, увеличения приема лекарственных средств, а также роста госпитализации и смертности [1].

В Республике Беларусь вклад твердых частиц в уровень многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха составляет от 7 до 25%. Твердые частицы входят в пятерку загрязняющих веществ, которые формируют 70% технологических выбросов [2]. В то же время, в действующей на территории Республики Беларусь системе мониторинга уровней загрязнения атмосферного воздуха не предусмотрен производственный контроль технологических выбросов мелкодисперсных твердых частиц. На сегодняшний день недостаточно данных о дисперсности твердых частиц и характере их распространения в атмосфере. В существующей практике установления размеров санитарно-защитных зон не предусмотрен учет дисперсного состава твердых частиц. Не проводится учет выбросов различных фракций твердых частиц в атмосферу на стадии проектирования, что значительно снижает точность определения зон влияния производственных источников на прилегающие территории.

На промышленных предприятиях по производству строительных материалов большинство технологических процессов влечет за собой образование твердых частиц. С образованием полидисперсных твердых частиц связаны процессы дробления, помола, смешения, хранения и транспортировки сухих измельченных металлов, порошков с малой степенью дисперсности. Вы-

бросы промышленных предприятий содержат в себе твердые частицы размером от 0,5 до 200 микрон. Однако наибольший интерес представляют частицы аэродинамическим размером менее 10 микрон, так как они практически не улавливаются наиболее распространенными в промышленности пылеочистными установками, в отличие от более крупных частиц, улавливаемых до 90-95% [3].

Цель исследования – провести гигиеническую оценку загрязнения твердыми частицами атмосферного воздуха территорий жилой застройки, расположенных в зонах влияния стационарных источников промышленных предприятий по производству строительных материалов.

Материал и методы

В выполненных исследованиях проведена гигиеническая оценка стационарных источников выбросов твердых частиц в атмосферный воздух 30 промышленных предприятий по производству строительных материалов (табл. 1).

Изучены основные характеристики исследуемых предприятий: месторасположение, характер технологического процесса, качественный и количественный состав выбросов, содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе расположения предприятий. Установлено процентное содержание в валовом выбросе и абсолютное значение промышленных выбросов твердых частиц.

На основании гигиенической оценки стационарных источников промышленных выбросов твердых частиц определено предприятие, репрезентативное по основным характеристикам исследуемых объектов. Проведен сравнительный анализ интегральных показателей, характеризующих воздействие твердых частиц на здоровье населения.

Таблица 1 – Распределение исследуемых промышленных предприятий по специализации выполняемых работ

Специализация исследуемых промышленных предприятий по производству строительных материалов	Количество предприятий	
	Абсолютное количество	Относительное количество, %
Деревообработка, производство пиломатериалов	6	20,00
Производство строительных материалов из дерева, изготовление столярных изделий для строительных работ	6	20,00
Производство строительного бетона и железобетонных конструкций (в том числе железобетонных объемных блоков, товарных бетонов, микротоннельных железобетонных труб, тротуарной плитки, бортового камня и т.д.)	7	23,33
Производство цемента и строительных изделий из сыпучих материалов	4	13,33
Производство асфальтобетона и асфальтобетонных смесей	4	13,33
Производство строительных металлоконструкций	3	10,00

Концентрации суммы твердых частиц (недифференцированных по составу пыль/аэрозоль), твердых частиц размером фракции до 10 микрон (PM_{10}) и до 2,5 микрон ($PM_{2,5}$) в атмосферном воздухе на территориях, прилегающих к границам санитарно-защитных зон предприятий, определены на основании результатов математического моделирования рассеивания выбросов в приземном слое атмосферы, выполненного с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы УПРЗА «Эколог 3.0» (версия 3.0, регистрационный номер 01-18-0230). Для верификации результатов математического моделирования использованы данные производственного контроля предприятий и аналитического (лабораторного) контроля.

Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами проведена по значениям изолированных концентраций PM_{10} , $PM_{2,5}$ и суммы твердых частиц с учетом их дисперсного и компонентного состава. Определена степень загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами в районе расположения предприятий по значению показателя «Р», установлена величина индекса качества атмосферного воздуха и уровень риска здоровью от воздействия промышленных выбросов твердых частиц для населения, проживающего на территориях, прилегающих к границам санитарно-защитных зон исследуемых предприятий [4, 5].

Результаты

Среди исследуемых предприятий по произ-

водству строительных материалов преобладали предприятия, валовый выброс которых не превышал 100 т/год: $M_e=38,47$ т/год, $x_{25}-x_{75}=5,07-200,54$ т/год. Большинство исследуемых объектов (63,33%) по значению показателя относительной опасности (ОП) было отнесено к умеренно-опасным предприятиям: $Me=0,12$, $x_{25}-x_{75}=0,02-0,88$.

С технологическими процессами исследуемых предприятий связано поступление в атмосферный воздух от 4 до 21 ($Me=7$, $x_{25}-x_{75}=5-16$) наименования загрязняющих веществ, находящихся в твердом агрегатном состоянии. В целом на долю твердых частиц приходилось 21,73% ($M_e=21,73$, $x_{25}-x_{75}=13,46-38,35$) от валовых выбросов исследуемых предприятий. Наибольший удельный вес твердых частиц (38,34%) отмечался в составе валовых выбросов предприятий по производству строительного бетона и железобетонных конструкций. При этом следует отметить, что наибольшее количество твердых частиц ($Me=54,53$ т/год, $x_{25}-x_{75}=51,99-778,47$ т/год) поступило в атмосферный воздух при производстве цемента и строительных изделий из сыпучих материалов.

Подавляющее большинство в составе выбросов твердых частиц составляли выбросы твердых частиц, недифференцированных по составу пыль/аэрозоль – 40,25%, пыли древесной – 26,41% и пыли неорганической, содержащей двуокись кремния – 22,89%. На долю металлов и их соединений, среди которых наиболее распространены были соединения железа, марганца, алюминия, цинка и меди, приходилось 3,14%. Выбросы неметаллов и их соединений составили 0,3%.

Значения показателя «Р» варьировали от 0,48 до 5,36 ($M_e=1,42$, $x_{25}-x_{75}=0,87-1,86$). В 79,30% случаев уровень загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами по значению показателя «Р» соответствовал «допустимой» степени загрязнения, в 13,80% случаев – «слабой» и в 6,90% случаев – «умеренной». При таких значениях показателя «Р» прогнозируемый уровень риска варьировал от «приемлемого» до «высокого», уровень прогнозируемой заболеваемости в популяции экспонируемого населения – от фонового до превышающего фоновый в несколько раз.

Корреляционный анализ между выбросом твердых частиц (т/г) в атмосферный воздух и значением показателя «Р» на территориях, прилегающих к границам санитарно-защитных зон исследуемых предприятий, позволил установить наличие слабой положительной связи между данными показателями ($R_{\text{Спирмена}}=0,378$, $p=0,05$), что свидетельствует о влиянии величины выброса твердых частиц на загрязнение атмосферного воздуха.

Основные параметры предприятия, определенное как репрезентативное для дальнейшего исследования, соответствуют ведущим характеристикам исследуемых предприятий по производству строительных материалов: специализация – производство цемента и строительных изделий из сыпучих материалов, степень опасности по дифференцированной шкале с учетом величины валового выброса и показателя ОП – «умеренно-опасная», на долю твердых частиц в валовом выбросе предприятия приходилось от 14,5-13,7% до 8,7-7,6%. Качественный состав выброса твердых частиц представлен многокомпонентной смесью, содержащей 15 загрязняющих

веществ 1-3 класса опасности: 33,33% – 1 класс опасности, в 26,67% – 2 класс опасности и 40% – 3 класс опасности. В составе выбросов твердых частиц 99,67% приходится на твердые частицы недифференцированные по составу пыль/аэрозоль и 0,33% составили выбросы пыли древесной, соединений цинка, железа, свинца, марганца, кадмия, хрома, никеля.

При проведении гигиенической оценки загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами на территориях, прилегающих к границам санитарно-защитной зоны исследуемого предприятия, выявлено превышение значения гигиенического норматива на расстоянии до 1000 м от границы производственной площадки (табл. 2).

Наибольший удельный вес проб с превышениями максимальной разовой предельно допустимой концентрации (ПДКм.р.) отмечался на расстоянии 50 м (33,11%), 100 м (45,16%) и 200 м (33,87%) от границы производственной площадки предприятия, на этих же расстояниях фиксировались максимальные значения концентраций твердых частиц в 2,59 ПДКм.р., 2,51 ПДКм.р. и 1,83 ПДКм.р., соответственно. Степень загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами по значениям показателя «Р» варьировала от «слабой» до «допустимой», категория опасности загрязнения атмосферного воздуха по значению индекса качества изменялась от «неблагоприятной» до «умеренной».

Обсуждение

Из результатов моделирования рассеивания в атмосферном воздухе выбросов исследу-

Таблица 2 – Результаты исследования содержания твердых частиц в атмосферном воздухе в районе расположения промышленного предприятия по производству строительных материалов

Расстояние от границы территории предприятия, м	Концентрация твердых частиц, мкг/м ³		Удельный вес проб с превышением ПДКм.р. (300 мкг/м ³), %
	M_e	$X_{25}-X_{75}$	
1	2	3	4
50	245,5	165,5-354,5	33,11
100	293,00	195,50-380,00	45,16
200	226,00	135,50-322,5	33,87
300	249,00	165,00-307,50	25,97
400	130,50	104,00-226,50	16,67
500	204,00	111,00-261,00	7,79
800	165,00	113,00-220,00	4,35
1000	125,00	103,3-199,8	2,27

емого предприятия следует, что до реализации мероприятий по снижению выбросов, изолиния концентрации твердых частиц в 1,0 ПДКм.р. (300 мкг/м³) формировалась на расстоянии 300-450 м от источников выбросов. Максимальные приземные концентрации твердых частиц составили 1,56 ПДКм.р. на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и 1,13 ПДКм.р. на территории жилой застройки, прилегающей к границе СЗЗ предприятия. Реализация природоохранных мероприятий позволила снизить выброс твердых частиц на 312,85 т/год (с 778,47 до 465,62 т/год) и обеспечила соблюдение на территории жилой застройки гигиенического норматива содержания в атмосферном воздухе твердых частиц. Ситуация не требовала разработки и внедрения санитарно-гигиенических мероприятий.

Вместе с тем учет дисперсного состава по всей совокупности источников выбросов твердых частиц позволил по-новому оценить ситуацию по загрязнению атмосферного воздуха в зоне влияния предприятия. После реализации мероприятий по снижению выбросов твердых частиц изолиния концентрации РМ₁₀ в 1,0 ПДКм.р. (150 мкг/м³) формировалась на расстоянии 775-850 м от источников выбросов, концентрация РМ_{2,5} достигала гигиенического норматива (65 мкг/м³) на расстоянии 1000-1350 м. На границе СЗЗ максимальные концентрации РМ₁₀ и РМ_{2,5} достигали 2,63 ПДКм.р. и 2,85 ПДКм.р., соответственно, на территории жилой застройки – 1,83 ПДКм.р. и 2,75 ПДКм.р. И только реконструкция предприятия с переносом производства цемента на новую производственную площадку позволила снизить выброс твердых частиц на 455,81 т/год (с 465,62 т/год до 9,81 т/год), одновременно обеспечив снижение значений максимальных концентраций мелкодисперсных фракций (РМ₁₀, РМ_{2,5}) и соблюдение гигиенических нормативов. Результаты моделирования рассеивания выбросов твердых частиц подтверждают целесообразность учета дисперсного состава твердых частиц при оценке эффективности реализации предприятием мероприятий по снижению выбросов стационарных источников и при установлении (корректировке) размеров санитарно-защитных зон.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

- выбросы предприятий по производству строительных материалов являются весомым фактором формирования экспозиции населения загрязнением атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами;

- зона загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами с учетом дисперсного состава характеризуется большей площадью, чем без учета фракционного деления частиц;

- определение дисперсного состава твердых частиц как для оценки качества атмосферного воздуха территорий жилой застройки, так и для оценки влияния мелкодисперсных твердых частиц на здоровье населения является актуальным;

- учет дисперсности состава твердых частиц позволяет выявить реальные уровни риска здоровью населения и обосновать планирование решений по оптимальному размещению жилой застройки.

Литература

1. Воздействие взвешенных частиц на здоровье. Значение для разработки политики в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии / Всемир. Орг. Здравоохранения. – Копенгаген, 2013. – 16 с.
2. Просвирякова, И. А. Методологические подходы к гигиенической оценке содержания мелкодисперсных твердых частиц в атмосферном воздухе / И. А. Просвирякова // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. – Минск : РНМБ, 2015. – Т. 1, вып. 25. – С. 85–87.
3. О дисперсном составе пыли в воздушной среде в производстве строительных материалов / В. Н. Азаров [и др.] // Вестн. ВолГАСУ. Сер. Строительство и архитектура. – 2013. – Вып. 30. – С. 256–260.
4. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами / И. А. Просвирякова [и др.] // Санитарно-эпидемиологическая служба Республики Беларусь: история, актуальные проблемы на современном этапе и перспективы развития : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Здоровье и окружающая среда», посвящ. 90-летию сан.-эпидемиол. службы Респ. Беларусь, Минск, 28 окт. 2016 г. : в 2 т. – Минск : БГМУ, 2016. – Т. 2. – С. 28–30.
5. Метод гигиенической оценки содержания твердых частиц общей фракции и аэродинамическим диаметром 10 мкм и 2,5 мкм в атмосферном воздухе населенных пунктов : инструкция по применению : утв. 20 марта 2015 г., № 002-0315 / Науч.-практ. центр гигиены ; разраб.: С. И. Сычик [и др.]. – Минск, 2015. – 10 с.

Поступила 20.06.2018 г.

Принята в печать 06.08.2018 г.

References

1. Vsemir Org Zdravookhraneniia. The effect of suspended particles on health. Importance for policy development in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. Copenhagen, Denmark; 2013. 16 p. (In Russ.)
2. Prosviryakova IA. Methodological approaches to hygienic assessment of fine particulate matter content in atmospheric air. V: Zdorov'e i okruzhaiushchaia sreda: sb nauch tr. Minsk, RB: RNMB; 2015. T 1, vyp 25. P. 85-7. (In Russ.)
3. Azarov VN, Marinin NA, Burkhanova RA, Azarov AV. On the dispersed composition of dust in the air in the production of building materials. Vestn VolgGASU Ser Stroitel'stvo Arkhitektura. 2013;Vyp 30:256-60. (In Russ.)
4. Prosviryakova IA, Shevchuk LM, Sokolov SM, Gritsenko TD, Gan'kin AN, Pshegroda AE. Hygienic assessment of air pollution by solid particles. V: Sanitarno-epidemiologicheskaya sluzhba Respubliki Belarus': istoriia, aktual'nye problemy na sovremennom etape i perspektivy razvitiia: sb nauch tr Mezhdunar nauch-prakt konf «Zdorov'e i okruzhaiushchaia sreda», posviashch 90-letiiu san-epidemiol sluzhby Resp Belarus', Minsk, 28 okt. 2016 g; v 2 t. Minsk, RB: BGMU; 2016. T 2. P. 28-30. (In Russ.)
5. Sychik SI, Shevchuk LM, Prosviryakova IA, Sokolov SM, Gritsenko TD, Gan'kin AN, i dr, razrab; Nauch-prakt tsentr gigeny. Method of hygienic assessment of the total fraction of solid particles and aerodynamic diameter of 10 μm and 2.5 μm in the atmospheric air of settlements: instruktsiia po primeneniui: utv 20 marta 2015 g., № 002-0315. Minsk, RB; 2015. 10 p. (In Russ.)

Submitted 20.06.2018

Accepted 06.08.2018

Сведения об авторах:

Просви́рякова И.А. – старший научный сотрудник лаборатории факторов среды обитания и технологий анализа риска здоровью, Научно-практический центр гигиены;

Шевчук Л.М. – к.м.н., доцент, заместитель директора по научной работе, Научно-практический центр гигиены.

Information about authors:

Prosviryakova I.A. – senior research officer of the Laboratory of Environmental Factors and Health Risk Analysis Technologies, Scientific-Practical Centre of Hygiene;

Shevchuk L.M. – Candidate of Medical Sciences, associate professor, deputy director for research work, Scientific-Practical Centre of Hygiene.

Адрес для корреспонденции: Республика Беларусь, 220012, г. Минск, ул. Академическая, 8, Научно-практический центр гигиены, лаборатория факторов среды обитания и технологий анализа риска здоровью. E-mail: inna17-96@mail.ru – Просви́рякова Инна Анатольевна.

Correspondence address: Republic of Belarus, 220012, Minsk, 8 Akademicheskaya str., Scientific-Practical Centre of Hygiene, Laboratory of Environmental Factors and Health Risk Analysis Technologies. E-mail: inna17-96@mail.ru – Inna A. Prosviryakova.